

# **Aufbaukurs 2**

## **für**

# **Autodesk<sup>®</sup> Inventor<sup>®</sup> 2024**

© 2023 Armin Gräf

Verlag Armin Gräf  
Beethovenstr. 13  
86551 Aichach, Deutschland  
[www.armin-graef.de/shop](http://www.armin-graef.de/shop)

ISBN: 978-3-949342-27-1



## VORWORT ZU DEN GESAMTUNTERLAGEN

Der Übergang von der 2D- zur 3D-Konstruktion ist in vollem Gange. Mit der Inventor®-Software hat Autodesk, Inc. ein benutzerfreundliches und mächtiges Werkzeug geschaffen, mit dem auch Sie diesen Wechsel relativ schnell vollziehen können.

Das Ziel des vorliegenden Buches ist es, Ihnen bei diesem Gesamtprozess zu helfen und Ihnen vor allem den Einstieg in das CAD-System zu erleichtern.

Falls die Inventor®-Software bereits installiert wurde, haben Sie sicherlich schon Bekanntschaft mit dem sehr umfangreichen und interessanten Inventor-Hilfesystem gemacht. Welchen Vorteil haben Sie nun, wenn Sie zusätzlich zur Dokumentation des CAD-Systems auch noch dieses Buch besitzen?

Zuerst wird Ihnen die besondere Reihenfolge auffallen, mit der in diesem Buch und in den anderen Büchern dieser Gesamtunterlagen die unterschiedlichen Themengebiete der Inventor®-Software abgehandelt werden. Ausschlaggebend war dabei das Bestreben, die Aneinanderreihung der Themen so zu gestalten, dass einerseits ein nachfolgendes Kapitel fast immer nur auf dem Wissen der vorhergehenden Kapitel aufbaut. Andererseits sollte es in erster Linie dem Anfänger erleichtert werden, den typischen Umfang eines 3D-Systems schnell in seiner Gesamtheit zu erfassen. Zusätzlich sollte auch zwischen "absolut notwendigen" und "weniger wichtigen" Funktionen unterschieden werden. Deshalb wurden die Gesamtunterlagen grundsätzlich in drei Teile gegliedert.

In den ersten beiden Teilen wird wiederholt auf die drei Hauptthemen eines beliebigen 3D-Systems eingegangen: die "Bauteilkonstruktion", die "Zusammenbaukonstruktion" und die "Zeichnungserstellung". Zusätzlich befindet sich hier auch das Kapitel "Spezialgebiete", in dem intensiver fachspezifische Themen wie z. B. die "Blechkonstruktion" oder die "Schweißkonstruktion" erläutert werden.

Im dritten Teil werden all jene Themen behandelt, die zwar sehr interessant sind, aber zur Erstellung der ersten Konstruktionen nicht unbedingt notwendig sind.

Einen großen Nutzen werden Ihnen sicherlich auch die vielen Übungsbeispiele bringen. Dabei werden grundsätzlich zwei Arten von Beispielen unterschieden. Einerseits sind dies die relativ kleinen Übungen, die zu jeder theoretisch besprochenen Funktion vorhanden sind. Andererseits sind dies aber auch die größeren Übungen, die im Allgemeinen mehr auf einen ganzen Themenbereich oder eine konstruktive Aufgabe ausgerichtet sind.

Vorteilhaft gegenüber dem Hilfesystem ist auch die zusätzliche und oft andere Aufbereitung des theoretischen Hintergrunds der verschiedenen Funktionen und Möglichkeiten der Inventor®-Software. Dabei wird besonders auf eine klare Strukturierung des jeweiligen Themas Wert gelegt. Deshalb werden Sie in den nachfolgenden Kapiteln auch relativ wenig "Fließtext" im Sinne eines Romans finden, sondern viele Hauptpunkte und noch mehr dazu passende Unterpunkte.

Abschließend möchte ich an dieser Stelle auf keinen Fall versäumen zu betonen, dass der effektivste Weg zum Erlernen eines CAD-Systems eine gute Schulung in Verbindung mit einem passenden Buch ist. Falls Sie auch dieser Meinung sind, schauen Sie doch einmal auf meiner Homepage im Internet vorbei.

Viel Erfolg bei der Arbeit mit der Inventor®-Software wünscht Ihnen

Armin Gräf

Internet: [www.armin-graef.de](http://www.armin-graef.de)

## DANKE FÜR DIE UNTERSTÜTZUNG

Viele der in diesem Buch enthaltenen Beispiele und Übungen sind bei der Besprechung und Lösung praktischer Aufgabenstellungen entstanden. Für die mir zur Verfügung gestellten Informationen, Anregungen und zum Teil kompletten Konstruktionsunterlagen möchte ich mich bei allen Beteiligten herzlich bedanken.

Zur Modellierung komplexerer Baugruppen stellte mir die Firma FiA - Dr. Fichtner GmbH & Co. Industrieanlagen KG aus München den 2D-Zeichnungssatz eines Schweißplatzes zur Verfügung. Dafür möchte ich mich bei Herrn Dr.-Ing. Hermann Fichtner und bei Herrn Gerhard Klein bedanken. Mehrere Komponenten der Anlage habe ich für kleinere und größere Übungen innerhalb dieses Buches verwendet.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Karl Schedlbauer vor allem für die Hilfe in konstruktiver Hinsicht bedanken. Mit seiner Unterstützung konnten zum Beispiel die Übungen in der Schweißkonstruktion und im Bereich der Komponenten-Generatoren praxisnah umgesetzt werden.

## URHEBERRECHT

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Autors reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Autor: Armin Gräf  
Internet: [www.armin-graef.de](http://www.armin-graef.de)

## HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Diese Unterlagen wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Trotzdem können Fehler nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Durch die laufende Softwarepflege des Programmherstellers können geringfügige Abweichungen im Text und in den einzelnen Beispielen auftreten. Autor und Herausgeber übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen.

## WARENZEICHEN- UND MARKENSCHUTZ

Die in diesen Unterlagen verwendeten Soft-, Hardwarebezeichnungen und Markennamen der jeweiligen Firmen unterliegen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz.

AutoCAD, DWG, das DWG-Logo und Inventor sind eingetragene Marken oder Marken von Autodesk, Inc., und/oder dessen Tochtergesellschaften und/oder Filialen in den USA oder anderen Ländern.

This book is independent of Autodesk, Inc., and is not authorized by, endorsed by, sponsored by, affiliated with, or otherwise approved by Autodesk, Inc.

## VORWORT ZUM AUFBAUKURS 2

Wie bereits erwähnt, sind meine Gesamtunterlagen zur Autodesk® Inventor®-Software aus Gründen der Lernmethodik in mehrere Teile gegliedert und diese wiederum in mehrere Bücher aufgeteilt.

Die ersten beiden Teile der Gesamtunterlagen sind im so genannten "Basiskurs" enthalten. Dieses Buch sollte im Allgemeinen zuerst durchgearbeitet werden.

Der dritte Teil der Gesamtunterlagen ist in zwei weiteren Büchern enthalten: dem so genannten "Aufbaukurs 1" und dem "Aufbaukurs 2" (dieses Buch).

Die kompletten Inhaltsverzeichnisse aller Bücher können über die Internetadresse "[www.armin-graef.de](http://www.armin-graef.de)" heruntergeladen werden.

## DER GRUNDSÄTZLICHE AUFBAU ALLER BÜCHER

Die obersten Stufen der Gliederungen der Bücher sind nebenstehend abgebildet.

In "Teil 1" und "Teil 2" enthalten sie im Wesentlichen keine fachliche Unterteilung. Erst unterhalb dieser Kapitelüberschriften wird auf die verschiedenen Themen eines 3D-Systems (Skizzen, Elemente, Baugruppen, ...) eingegangen.

Die Wiederholung der drei Themen "Bauteilkonstruktion", "Zusammenbaukonstruktion" und "Zeichnungserstellung" wurde deshalb gewählt, damit zuerst die "einfachen" Funktionen und dann die etwas "komplexeren" Funktionen zum gleichen Hauptthema erklärt werden können.

Im Kapitel "Spezialgebiete" werden die Themen "Blechkonstruktion", "Schweißkonstruktion", "Einfache Leitungsverläufe", "Komplexere Volumenmodellierung", "Gestell-Generator" und "Plastische Bauteile" erläutert.

In "Teil 3" wurde die obige Art der Strukturierung nicht mehr durchgeführt, da hier eher abgeschlossene Themen behandelt werden.

Neben den "normalen" Kapiteln mit Theorie und Übungen befindet sich in "Teil 3" auch ein spezielles Kapitel, in dem Schritt für Schritt erklärt wird, wie die Baugruppe "Umsetzer" aus dem Kapitel "Einführung" von "Teil 1" aufgebaut ist und erstellt werden kann.

Die Zerlegung von "Teil 3" in mehrere einzelne Bücher wurde durchgeführt, da der gesamte Inhalt einerseits nicht in ein einziges Buch passt.

Andererseits bietet diese Zerlegung in mehrere Bücher die Möglichkeit, nur bestimmte Themen von "Teil 3" zu erwerben.

Buch: Basiskurs

- Teil 1
  - Einführung
  - Bauteilkonstruktion
  - Zusammenbaukonstruktion
  - Zeichnungserstellung
- Teil 2
  - Bauteilkonstruktion
  - Zusammenbaukonstruktion
  - Zeichnungserstellung
  - Spezialgebiete

Buch: Aufbaukurs 1

- Teil 3
  - Darstellungen und Auswahlfunktionen
  - Zusätzliche Funktionen
  - Skelettmodellierung mit Skizzenblöcken
  - Adaptivität
  - Parameter und Bibliotheken
  - Modellzustände
  - Verwaltung und Konfiguration
  - Weitere Anzeigefunktionen
  - Inventor Studio
  - Präsentationen
  - Datenaustausch
  - Modellbasierte Definition
  - Splines und Flächenmodellierung
  - Freiformmodellierung
  - Komponenten-Generatoren
  - iLogic

Buch: Aufbaukurs 2

- Teil 3
  - Rohre und Leitungen
  - Kabel und Kabelbaum
  - Belastungsanalyse und Gestellanalyse
  - Dynamische Simulation
  - Inventor Nastran
  - Factory Design (Fabrikplanung)
  - Übung: Baugruppe "Umsetzer"

## WAS TUN BEI FRAGEN ZU DEN BÜCHERN ODER DEN ÜBUNGSDATEIEN?

Wenn Sie beim Lesen eines Buches eine Frage haben, sollten sie zuerst versuchen, diese unter Verwendung des Inventor-Hilfesystems zu beantworten. Dieser Fall wird sicherlich häufiger eintreten, da man bei einer so komplexen Software nicht alle Belange in einem Buch abdecken kann.

Grundsätzlich empfehle ich auch unabhängig von Problemen, öfter mal mit dem Inventor-Hilfesystem zu arbeiten, da es gar nicht das Ziel der Bücher ist dieses Hilfesystem zu ersetzen.

Sofern Sie nun immer noch eine Frage zum Inhalt eines Buches oder zu den Übungsdateien haben, können Sie sich über meine Internetadresse "www.armin-graef.de" auch gerne direkt an mich wenden.

### Hinweis: Aktuelles zu den Büchern

Obwohl die Bücher mit großer Sorgfalt erstellt wurden, können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Zusätzlich kann sich durch neue Service Packs von Autodesk die Abarbeitung einiger Dateien ändern. Damit auf solche Fälle reagiert werden kann, werden aktuelle Hinweise zu einem Buch jeweils bei der Beschreibung des Buches auf der obigen Website abgelegt.

## SPEZIELLE KONVENTIONEN UND ABKÜRZUNGEN

Zur Vereinfachung der Schreibweise und zur Verbesserung der Übersichtlichkeit werden häufig die nachfolgenden Konventionen und Abkürzungen innerhalb der Bücher verwendet.

Textbeispiel im Buch	Aktion, die durchgeführt werden soll
<b>Multif./3D-Modell/Erstellen/Drehung</b> <Drehung>	Aufruf der Funktion "Drehung" über einen Klick mit der linken Maustaste auf dem Symbol "Drehung" in der "Multifunktionsleiste" (Multif.) auf der Registerkarte "3D-Modell" in der Gruppe "Erstellen" (Abkürzung: <b>spitze</b> Klammern)
<b>Browser/Skizze1/Skizze bearbeiten</b> [Skizze1/Skizze bearbeiten]	Aufruf der Funktion "Skizze bearbeiten" über einen Klick mit der rechten Maustaste (Kontextmenü) auf der Bezeichnung "Skizze1" im Browser (Abkürzung: <b>eckige</b> Klammern)
<b>Grafikfenster/RMT/Extrusion</b> {Extrusion}	Aufruf der Funktion "Extrusion" über einen Klick mit der <i>rechten Maustaste</i> im Grafikfenster und Auswählen aus dem "Markierungsmenü" (Kontextmenü) (Abkürzung: <b>geschweifte</b> Klammern)
.../RMT/...	Drücken der rechten Maustaste auf einem beliebigen Objekt

# Inhaltsverzeichnis

## Aufbaukurs 2

### Teil 3:

<b>1. Rohre und Leitungen .....</b>	<b>13</b>
1.1 Einführung .....	13
Grundsätzlicher Aufbau einer Baugruppe mit "Rohren und Leitungen" .....	13
Grundsätzliche Aufrufmöglichkeiten der Funktionen für "Rohre und Leitungen" .....	13
Grundsätzliche Arten von "Rohr- und Leitungsstilen" .....	14
1.2 Einfügen und Verbinden von Fittings .....	18
Platzieren, Ersetzen und Aktualisieren von Fittings aus dem Inhaltscenter .....	18
Fitting platzieren .....	18
Fittings verbinden .....	19
1.3 Grundlagen der Verwaltung von Rohr- und Schlauchstilen .....	23
Rohr- und Leitungsstile .....	23
Vorlagendateien .....	25
Vorgaben für Dateibenennung .....	25
1.4 Erstellen und Bearbeiten von Routen .....	27
1.4.1 Leitungsrouten .....	27
1.4.2 Schlauchrouten .....	35
1.5 Dokumentation von Rohren und Leitungen .....	40
1.5.1 Zeichnungsableitung .....	40
1.5.2 Abspeichern von Daten in ASCII- und ISOGEN-Dateien .....	42
1.6 Publizieren von Rohren, Schläuchen und Verschraubungen .....	43
1.6.1 Umwandeln eines "normalen" Bauteiles in ein "Rohr- und Leitungsbauteil" .....	43
1.6.2 Erstellen einer Bibliothek: Rohr mit Fittings (Schneidring) .....	44
1.6.3 Erstellen einer Bibliothek: Schlauch mit Fittings (Pneumatik) .....	50
1.7 Erstellen neuer Rohr- und Schlauchstile .....	56
1.7.1 Stile für die zuvor erzeugte Bibliothek "Schlauch mit Fittings" .....	56
1.7.2 Stile für eine "Rohrleitung mit Lötittings" .....	58
Erstellen eines neuen Stils aus im Inhaltscenter vorhandenen Normen .....	58
Erstellen eines neuen Stils aus kopierten und teilweise geänderten Normen .....	59
1.7.3 Stile für die zuvor erzeugte Bibliothek "Rohr mit Fittings (Schneidring)" .....	62
1.7.4 Stile für geschweißte Rohre mit oder ohne Flansch .....	63
<b>2. Kabel und Kabelbaum .....</b>	<b>67</b>
2.1 Einführung .....	67
Grundsätzlicher Aufbau einer Baugruppe mit "Kabel und Kabelbaum" .....	67
Funktionen für "Kabel und Kabelbaum" .....	67
2.2 Erstellen und Publizieren von "Verbindern" .....	70
Umwandeln eines "normalen Bauteils" in einen "Kabel und Kabelbaum - Steckverbinder" .....	71
Erstellen einer Variante mit 3 Pins .....	71
Erstellen einer Variante mit 5 Pins .....	73
Umwandeln eines iParts in einen "Kabel und Kabelbaum - Steckverbinder" .....	74
Platzieren und Verwenden von Verbindern aus dem Inhaltscenter .....	76
2.3 Weitere Funktionen für Kabel und Kabelbaum Objekte .....	78
Erstellen und Bearbeiten von Spleißen .....	78
Erstellen und Bearbeiten von Routen .....	79
Erstellen und Bearbeiten von Segmenten .....	80
Erstellen und Bearbeiten von Flachbandkabeln .....	81

2.4	Dokumentation.....	83
2.4.1	Erstellung von Zeichnungsansichten .....	83
	"Normale" Ansichten .....	83
	Nagelbrett - Ansichten .....	83
2.4.2	Erstellung von Berichten .....	85
	Innerhalb einer Kabelbaum - Baugruppe .....	85
	Innerhalb einer Zeichnungsdatei .....	86
2.5	Exportieren und Importieren von Kabelbaumdaten .....	86
	Exportieren.....	86
	Importieren.....	87
2.6	Einstellungen .....	88
	Kabelbaumeinstellungen.....	88
	Kabel- und Kabelbaumbibliothek .....	88
2.7	Virtuelle Bauteile.....	89
<b>3.</b>	<b>Belastungsanalyse und Gestellanalyse.....</b>	<b>91</b>
3.1	Belastungsanalyse.....	91
3.1.1	Statische Analyse.....	91
	Grundlegende Funktionen.....	91
	Parametrische Bemaßung und Konvergenz .....	93
	Pin-Abhängigkeit, Reibungslose Abhängigkeit, Druck, Drehmoment und Lagerbelastung .....	98
	Weitere Beispiele .....	100
	Nutzung der "Einbaulage", Lagerbelastung und Reibungslose Abhängigkeit für Symmetrie.....	100
	Weitere Analyse von Pin-Abhängigkeiten und Trennen von Flächen.....	102
	Erstellung und Bearbeitung von Kontakten .....	104
	Übersicht.....	104
	Platte mit Winkel .....	106
	Schweißverbindung .....	107
	Unterschiedliche Varianten eines Balkens auf Los- und Festlagern.....	108
	Halber Wagenheber .....	115
	Dünne Körper.....	118
	Blechteil.....	118
	Rechteckprofil.....	119
	I-Träger (IPN, IPE).....	120
	Modi für starres Bauteil suchen und entfernen (weiche Federn).....	122
3.1.2	Modalanalyse.....	124
	Abdeckhaube.....	124
	Gehäusehälfte.....	125
	Smartphone - Halterung .....	126
	Flachstahl mit zwei Massen .....	126
3.1.3	Formen-Generator .....	127
3.2	Gestellanalyse .....	130
3.2.1	Statische Analyse.....	130
	Automatisch erzeugte Starre Verbindungen.....	130
	Manuelles Hinzufügen Benutzerdefinierter Knoten und einer Starren Verbindung .....	133
	Fachwerkkonstruktion in einer Ebene.....	135
	Analyse eines Terrassendachs.....	137
	Hinzufügen von Freigaben für Reibungsfreie Gelenke und Berechnung von Kräften.....	138
	Einzelnes Rechteckprofil .....	139
3.2.2	Modalanalyse.....	140
3.3	Vergleich zwischen Belastungsanalyse und Gestellanalyse .....	141



<b>4.</b>	<b>Dynamische Simulation</b> .....	<b>143</b>
4.1	Einführung.....	143
4.2	Gelenke.....	148
	Freiheitsgrade .....	148
	Eigenschaften von "Gelenken vom Typ Dynamische Simulation" .....	148
4.2.1	Erstellung von "Gelenken vom Typ Dynamische Simulation" .....	148
	Automatisches Ableiten von Gelenken (Verbindungen) aus Beziehungen.....	148
	Manuelles Erstellen von Gelenken (Verbindungen) .....	149
	Übersicht der Kategorien und Arten von Gelenken .....	149
	Wie kann die Komplexität verringert werden .....	150
	Gelenk: Drehung .....	150
	Gelenk: Prismatisch.....	152
	Gelenk: Zylindrisch und 3D-Kontakt .....	153
	Gelenk: Eben und 2D-Kontakt .....	153
	Gelenk: Rollgelenk: Zylinder Kurve, Schiebegelenk: Zylinder Kurve, Punkt Kurve .....	154
	Gelenk: Kugelförmig .....	156
	Gelenk: Räumlich.....	156
4.2.2	Bearbeiten von "Gelenken vom Typ Dynamische Simulation" .....	157
	Allgemeine Bearbeitungsfunktionen.....	157
	Eingabediagramm .....	158
4.3	Eigenschaften und Externe Belastungen.....	163
	Körpereigenschaften .....	163
	Schwerkraft.....	163
	Anzeige der Eigenschaften von Gelenken innerhalb des Ausgabediagramms.....	164
	Unbekannte Kraft.....	165
	Externe Kraft oder externes Drehmoment .....	166
4.4	Hilfsfunktionen.....	167
	Einstellungen für die Dynamische Simulation.....	167
	Dynamische Bauteilbewegung.....	168
	Film publizieren .....	169
	In Studio publizieren.....	169
	Status des Mechanismus und Redundanzen.....	171
	Weitere Optionen des Ausgabediagramms .....	174
4.5	Übung: Kräfte-Gleichgewicht zwischen mehreren Federn.....	177
<b>5.</b>	<b>Inventor Nastran</b> .....	<b>181</b>
5.1	Lineare Statik.....	182
	Haupt-Arbeitsschritte zur Erstellung einer FEM-Berechnung vom Typ "Lineare Statik" .....	182
5.1.1	Einzelne Volumenkörper.....	183
	Grundlagen, Abhängigkeiten (Strukturell), Lasten (Kraft) .....	183
	Netzeinstellungen und Konvergenz .....	186
	Pin-Abhängigkeit .....	190
	Unterschiedliche Varianten eines Balkens auf Los- und Festlagern .....	192
	Verbinder für Fest- und Loslager .....	192
	Verbinder für Loslager und Nutzung von Symmetrie oder Reibungslos.....	193
	Pin-Abhängigkeit - Festlager und Verbinder (Starrer Körper) - Loslager .....	194
	Lagerbelastung und Nutzung der "Einbaulage" .....	196
	Ohne Nutzung der Symmetrie .....	196
	Mit Nutzung der Symmetrie .....	197
	Weitere Analyse von Pin-Abhängigkeiten.....	198
	"Vollständige" Pin-Abhängigkeit .....	198
	"Halbe" Pin-Abhängigkeit (Flächentrennung).....	200
	Lasttyp Lagerbelastung und Moment; Abhängigkeit vom Typ Reibungslos.....	202
	Lasttyp Drehkraft.....	203

5.1.2	Erstellung und Verwendung von Kontakten.....	204
	Übersicht .....	204
	Zwei Balken .....	205
	Kontakttyp Verklebt und Versatz verbunden - Laschen einer Blechdatei.....	207
	Kontakttyp Verklebt und Getrennt - Platte, Winkel und Schrauben .....	208
	Ohne Vorspannung .....	208
	Mit Vorspannung .....	209
	Kontakttyp Getrennt und Gleitend/nicht getrennt - Balken, Festlager und Loslager .....	210
	Kontakttyp Getrennt - Achse und Bohrung - Mit Abstand .....	219
	Kontakttyp Getrennt; Funktionen Auto, Manuell und Solver - Achse und Bohrung .....	221
	Lasttyp Druck und Verbinder vom Typ Schraube - Ohne und mit Vorspannung .....	222
	Kontakttyp Verklebt - Berechnen von Schweißbaugruppen .....	226
	Variante 1: Umwandeln einer Schweißbaugruppe in ein Bauteil .....	227
	Variante 2: Umwandeln einer Schweißbaugruppe in ein Bauteil und dann in eine Baugruppe .....	228
5.1.3	Schalenelemente .....	229
5.1.4	Linienelemente .....	231
	Automatische Erzeugung von Linienelementen aus einem Modell des Gestell-Generators .....	231
	Manuelle Erzeugung von Linienelementen aus einem Skelett-Modell .....	233
5.1.5	Berechnung von Kräften und Momenten mittels Verbinder und Linienelemente .....	237
	Nur Verbinder - "Fachwerk mit reibungsfreien Gelenken" .....	237
	Nur Linienelemente - "Fachwerk mit starren Verbindungen" .....	239
	Nur Linienelemente - "Fachwerk mit reibungsfreien Gelenken" .....	240
	Linienelemente und Verbinder - "Wagenheber mit reibungsfreien Gelenken" .....	242
	Nur Linienelemente - "Wagenheber mit starren Verbindungen" .....	243
	Nur Linienelemente - "Wagenheber mit reibungsfreien Gelenken" .....	244
	Nur Linienelemente - Stab mit Punktlast .....	244
	Nur Linienelemente - Gerberträger mit Streckenlast .....	246
5.1.6	Weitere Übungen .....	248
	"Halber Wagenheber" .....	248
5.2	Nichtlineare Statik .....	251
5.2.1	Große Bewegungen bei linearem Spannungs-/Dehnungsverlauf .....	251
	Erzwungene Verschiebung bei einer "Steckschnalle" .....	251
	Große Durchbiegung bei einem Blechteil .....	255
	Große Durchbiegung bei einer dünnwandigen "Kofferrhälfte" .....	255
5.2.2	Beliebige Bewegungen bei nichtlinearem Spannungs-/Dehnungsverlauf .....	257
	Durchbiegung eines "Balkens" .....	257
5.3	Dynamik .....	264
5.3.1	Überblick .....	264
5.3.2	Gehäuse - Varianten .....	265
	Abdeckhaube .....	265
	Modalanalyse .....	265
	Modale Frequenzantwort .....	267
	Gehäusehälfte .....	270
	Modalanalyse .....	270
	Modale Frequenzantwort .....	272
5.3.3	Smartphone - Halterung .....	275
	Bauteildatei mit Konzentrierter Masse .....	275
	Modalanalyse .....	275
	Modale Frequenzantwort .....	276
	Baugruppe mit "Halterung" und "Smartphone" .....	278
	Modalanalyse .....	278
	Modale Frequenzantwort .....	279
5.3.4	Flachstahl mit zwei Massen .....	281
	Bauteildatei mit zwei Konzentrierten Massen .....	281
	Modalanalyse .....	281
	Modale Frequenzantwort .....	282
	Modale transiente Antwortspektren .....	286
	Baugruppe mit "Flachstahl" und zwei "Ersatzobjekten" .....	290
	Modalanalyse .....	290
	Modale Frequenzantwort .....	291
	Modale transiente Antwortspektren .....	293

5.3.5	Sprungbrett.....	295
	Direkte transiente Antwortspektren .....	295
5.4	Knickung .....	298
5.4.1	Profile .....	298
	Idealisierung: Volumenkörper - Die 4 Eulerfälle.....	298
	Berechnung der Knickkräfte innerhalb der Linearen Knickung .....	298
	Berechnung der Spannungen und Verformungen innerhalb der Linearen Statik .....	301
	Idealisierung: Linienelemente - Terrassendach.....	302
5.4.2	Zylinder.....	303
	Einfacher Zylinder - Lineare Knickung und Statik.....	303
	Zylinder mit Rillen - Lineare Knickung und Statik, Nichtlineare Knickung und Statik .....	305
5.5	Wärmeübertragung .....	307
5.5.1	Lineare stationäre Wärmeübertragung .....	307
	Quader.....	307
	Temperatur, Wärmeleitfähigkeit, Wärmestrom (Wärmestromdichte).....	307
	Konvektion (Wärmeübergang) .....	308
	Kontakt zwischen zwei Quadern.....	309
	Mehrschalige Hauswand.....	311
	Chip und Kühlkörper .....	312
5.5.2	Last-Typ Temperatur innerhalb der Linearen und Nichtlinearen Statik.....	313
	Bi-Metallstreifen - Volumenkörper und Lineare Statik .....	313
	Bi-Metallstreifen - Volumenkörper und Nichtlineare Statik.....	315
	Bi-Metallstreifen - Flächenkörper (Schalen) und Nichtlineare Statik.....	316
5.5.3	Kombination von "Wärmeübertragung" und "Spannungsanalyse" .....	317
	Rohrbogen mit Flansch .....	317
	Lineare stationäre Wärmeübertragung.....	317
	Lineare Statik.....	318
5.5.4	Nichtlineare transiente Wärmeübertragung.....	319
	Abkühlung eines Formteils in einer Formplatte.....	319
<b>6.</b>	<b>Factory Design (Fabrikplanung) .....</b>	<b>321</b>
6.1	Layouts erstellen und bearbeiten - Grundlegende Funktionen .....	321
6.1.1	Theorie .....	321
	Benutzeroberfläche .....	321
	Erstellen von Factory-Layouts .....	322
	Einfügen von Factory-Objekten aus dem Objekt-Browser .....	323
	Anzeigen und Ändern der Eigenschaften von eingefügten Factory-Objekten .....	324
6.1.2	Übungen .....	324
	Erstellen eines 3D-Factory-Layouts und Einfügen mehrerer Factory-Objekte.....	324
	Erstellen eines 2D-Factory-Layouts aus einem 3D-Layout und Einfügen mehrerer Objekte.....	326
	Exportieren von Objekten aus einem 2D-Layout in ein bestehendes 3D-Layout .....	327
	Erstellen eines neuen 3D-Layouts aus (nur) einem 2D-Layout .....	327
	Hinzufügen weiterer Objekte zu einem bestehenden 3D-Layout.....	327
	Exportieren eines 3D-Factory-Layouts von Inventor nach Navisworks .....	329
6.2	Objekte erstellen und bearbeiten - Grundlegende Funktionen.....	331
6.2.1	Theorie .....	331
	Benutzeroberfläche .....	331
	Hauptordner, die beim Erstellen und Platzieren von Objekten verwendet werden.....	331
	Ordner und Dateien, die beim Publizieren von Objekten erstellt werden .....	332
	Objekteigenschaften.....	332
6.2.2	Übungen .....	334
	Erstellen, Publizieren und Platzieren eines "Förderbands-Gerade" mit beliebiger Größe .....	334
	Erstellen eines Bauteil-Objekts mit "benutzerspezifischer 2D-Darstellung" .....	338
	Erstellen eines Bauteil-Objekts mit "Varianten" (vorgegebene Kombinationen) .....	340
	Erstellen eines Bauteil-Objekts mit "gestuften Größen" .....	342
	Erstellen, Publizieren und Platzieren eines "Hallentors" .....	344

6.3	Layouts und Objekte erstellen und bearbeiten - Weitere Funktionen .....	348
6.3.1	Dokumentunabhängige Factory - Einstellungen.....	348
6.3.2	Dokumentabhängige Boden und Rastereinstellungen .....	350
	Allgemeine Voreinstellungen.....	350
	Zusätzliche Bodenfunktionen.....	350
6.3.3	Verschieben von Exemplaren und Verwalten von Beziehungen.....	351
	Verschieben, Repositionieren, Grundfläche einstellen, Verbindungen.....	351
6.3.4	Weitere Funktionen zum Erstellen und Bearbeiten von Objekten.....	353
	Haupt-Arbeitsschritte zur Objekterstellung und Dropdown-Menü Objekt erstellen.....	353
	Automatisches Konvertieren von Komponenten einer Baugruppe in Factory-Objekte .....	353
6.3.5	Weitere Funktionen in Layouts .....	355
	Modell einfügen, Objektgruppe einfügen, Freilegen, Durch Objekt ersetzen.....	355
	DWG-Unterlage hinzufügen .....	358
	Eigenschaften exportieren/importieren, Stückliste und Aufheben/Wiederherstellen des Schreibschutzes .....	360
6.4	Navisworks - Weitere Funktionen .....	361
	Kollisionsüberprüfung (Clash Detective).....	361
<b>7.</b>	<b>Übung: Baugruppe "Umsetzer" .....</b>	<b>363</b>
7.1	Allgemeines .....	363
	Projektordner und Projektdatei.....	364
7.2	Haupt-Unterbaugruppe "Wagen komplett" .....	364
7.2.1	Erstellung der Unterbaugruppe "Wagen geschweißt" .....	364
7.2.2	Erste Aktionen in der Haupt-Unterbaugruppe "Wagen komplett" .....	367
7.2.3	Erstellung der Unterbaugruppe "Vakuumheber komplett" .....	369
	Halterung geschweißt, Lagergehäuse, Drehachse, .....	369
	Schrittmotor, Stirnrad Schrittmotor, Stirnrad Drehachse, .....	371
	Sicherungsscheibe, Drehplatte, Abdeckung, .....	374
	Vakuumsauger komplett, Führungsrohr, Führungsbolzen, Distanzring Feder, .....	375
	Ansichtsdarstellungen und Positionsdarstellungen .....	377
7.2.4	Weitere Aktionen in der Haupt-Unterbaugruppe "Wagen komplett" .....	378
	Achse Zylinder, Achse Zugstange, Sicherungsplatte, Vakuumheber komplett, .....	378
	Vakuumschlauch, Verschraubungen ..., .....	379
	Hydraulikventil komplett, Verschraubungen ..., Rohre ..., .....	382
	Klemmplatte, Gegenplatte, Zapfenlaufrollen, Muttern und Schrauben.....	384
	Positionsdarstellungen.....	385
7.3	Gesamtbaugruppe "Umsetzer" .....	386
7.3.1	Gesamtbaugruppe, Gestell komplett, Wagen komplett, Zahnriemen, Werkstück .....	386
	Erstellen der Gesamtbaugruppe und Platzieren und Zusammenbauen von Komponenten .....	386
	Aktualisieren des "Zahnriemens" nach dem Verändern (eines Parameters) des "Umsetzers" .....	388
7.3.2	Energiekette, Getriebemotor ..., Normteile.....	389
	Platzieren und Zusammenbauen mehrerer Komponenten.....	389
	Energiekette .....	389
	Getriebemotor, Drehmomentstütze, .....	391
7.3.3	Positionsdarstellungen, Ansichtsdarstellungen und Umbenennen von Dateien .....	392
	Positionsdarstellungen.....	392
	Ansichtsdarstellungen .....	393
	Umbenennen von Dateien .....	394
<b>8.</b>	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>395</b>

# Teil 3

## Aufbaukurs 2

für Autodesk<sup>®</sup> Inventor<sup>®</sup>

## **URheberRECHT**

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Autors reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Autor: Armin Gräf  
Internet: [www.armin-graef.de](http://www.armin-graef.de)

## **HAFTUNGSAUSSCHLUSS**

Diese Unterlagen wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Trotzdem können Fehler nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Durch die laufende Softwarepflege des Programmherstellers können geringfügige Abweichungen im Text und in den einzelnen Beispielen auftreten. Autor und Herausgeber übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen.

## **WARENZEICHEN- UND MARKENSCHUTZ**

Die in diesen Unterlagen verwendeten Soft-, Hardwarebezeichnungen und Markennamen der jeweiligen Firmen unterliegen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz.

AutoCAD, DWG, das DWG-Logo und Inventor sind eingetragene Marken oder Marken von Autodesk, Inc., und/oder dessen Tochtergesellschaften und/oder Filialen in den USA oder anderen Ländern.

This book is independent of Autodesk, Inc., and is not authorized by, endorsed by, sponsored by, affiliated with, or otherwise approved by Autodesk, Inc.

# 1. ROHRE UND LEITUNGEN

## Gliederung

- Einführung
- Einfügen und Verbinden von Fittingen
- Grundlagen der Verwaltung von Rohr- und Schlauchstilen
- Erstellen und Bearbeiten von Routen
- Dokumentation von Rohren und Leitungen
- Publizieren von Rohren, Schläuchen und Verschraubungen
- Erstellen neuer Rohr- und Schlauchstile

### Hinweis: Kopieren der Übungsdateien auf die Festplatte

Wie bereits im Basiskurs beschrieben, sollten vor dem Start des Inventor-Programms die zum Buch gehörigen Übungsdateien auf den lokalen Rechner oder das Netzwerk kopiert werden. Führen Sie dazu folgendes aus:

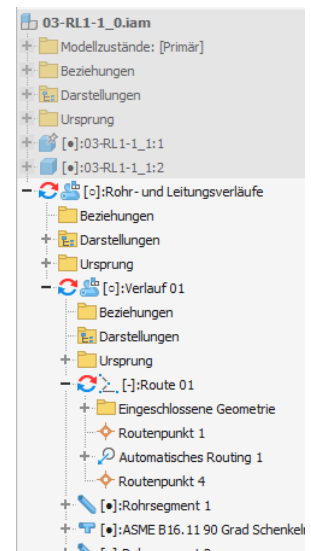
- Herunterladen einer ZIP-Datei aus dem Internet
  - rufen Sie die Haupt-Internetadresse des Buches auf: "www.armin-graef.de/Buch-Inventor.aspx"
  - wählen Sie dort am Ende der "Version 2024" den Link: "Download: Kurs\_Inv2024.zip"
  - speichern Sie die Datei in einen beliebigen Ordner auf Ihrem Rechner oder Netzwerk
- Extrahieren der heruntergeladenen ZIP-Datei
  - nach dem Herunterladen können Sie die ZIP-Datei in einen beliebigen Ordner extrahieren (z. B. nach "C:\")
  - es entsteht nur ein einziger Hauptordner ("Kurs") mit vielen Unterordnern und Dateien.

## 1.1 EINFÜHRUNG

### GRUNDSÄTZLICHER AUFBAU EINER BAUGRUPPE MIT "ROHREN UND LEITUNGEN"

Eine Baugruppe, in der die Funktionen für "Rohre und Leitungen" aufgerufen wurden, besitzt grundsätzlich folgende Baugruppenstruktur:

- beliebige Baugruppe auf oberster Stufe
  - (darunter) eine einzige Baugruppendatei als "Hauptbaugruppe für Rohre und Leitungen"
  - (darunter) ein oder mehrere Baugruppendateien als jeweils ein "Verlauf von Rohren und Leitungen"
    - (darunter) ein oder mehrere Bauteildateien als so genannte "Routen"
      - enthalten grundsätzlich die Routeninformation in Form von Punkten
    - (darunter) ein oder mehrere Bauteildateien als so genannte "Verbindungen" (Rohre, Leitungen, Schläuche) oder "Fittinge"
      - einerseits werden die Verbindungen und Fittinge beim Erstellen der Routen automatisch erzeugt
      - andererseits können auch vor dem Erstellen kompletter Routen einzelne Fittinge an beliebigen Positionen eingefügt werden
        - anschließend können dann Routen mit Verbindungen zwischen den bereits eingefügten Fittingen und neuen Fittingen erstellt werden.



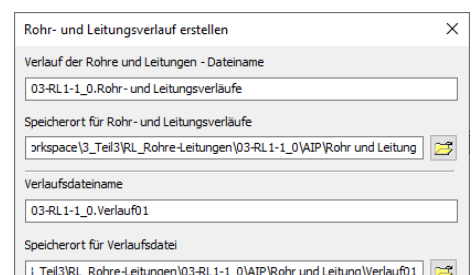
### GRUNDSÄTZLICHE AUFRUFMÖGLICHKEITEN DER FUNKTIONEN FÜR "ROHRE UND LEITUNGEN"

Zu Beginn des Arbeitens mit "Rohren und Leitungen" muss die Funktion *Rohr- und Leitungsverlauf erstellen* (Schaltfläche *Rohr und Leitung*) aufgerufen werden. Dies kann mittels der *Multifunktionsleiste* über die Gruppe *Beginnen* innerhalb der Registerkarte *Umgebungen* durchgeführt werden.



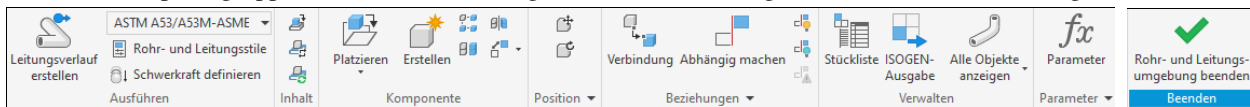
Anschließend erscheint die nebenstehende Dialogbox. Es kann folgendes bestimmt werden:

- im oberen Bereich
  - Dateiname und Speicherort der Hauptbaugruppe für "Rohre und Leitungen"
- im unteren Bereich
  - Dateiname und Speicherort der ersten "Verlaufsbaugruppe".

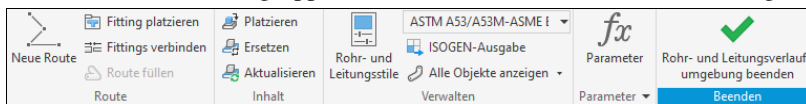


Nach dem Erstellen der Hauptbaugruppe für "Rohre und Leitungen" stehen über die *Multifunktionsleiste* grundsätzlich folgende spezielle Registerkarten zur Verfügung:

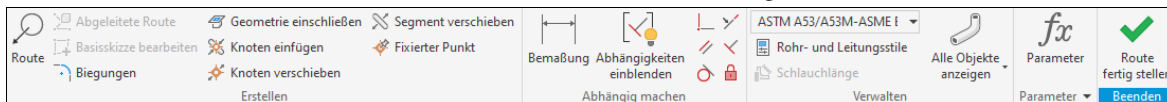
- falls die "Hauptbaugruppe für Rohre und Leitungen" aktiv ist: Registerkarte "Rohr und Leitung"



- falls eine "Verlaufsbaugruppe" aktiv ist: Registerkarte "Leitungsverlauf"



- falls eine "Route" aktiv ist: Registerkarte "Route"



Die einzelnen Funktionen werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.

## GRUNDSÄTZLICHE ARTEN VON "ROHR- UND LEITUNGSSTILEN"

Die verschiedenen Arten von "Rohren und Leitungen" werden mit Hilfe so genannter "Stile" verwaltet. Innerhalb eines "Stils" sind alle Eigenschaften für den jeweiligen Typ eines "Rohr- oder Leitungsverlaufes" definiert. Es werden grundsätzlich folgende Arten von "Rohr- und Leitungsstilen" unterschieden:

- "Rohrleitung mit Fittings"
  - ANSI/ASME B36.19M-ASME B16.3 - Rohr mit Gewinde und Stahl-Fittings
  - ASME B36.10M-ASME B16.11 - Stahlrohr mit Gewinde
  - ASME BPE - angeschweißt
  - ASTM A 53/A ...
  - ASTM D 1785-ASTM D 2466 - Verbundenes PVC-Rohr und Fitting
  - DIN 2458/DIN 2605 - Geschweißtes Stahlrohr und Fittings
  - DIN 2458/DIN EN 10242 - Stahlrohr mit Gewinde und Stahl-Fittings
  - DIN 8062/DIN 8063 - Verbundenes PVC-U-Rohr und Fittings
  - ISO 2531 - Geflanschtes, verformbares Stahlrohr und Fittings
  - ISO 4065-ISO 3633 - PVC-Rohr und Fittings
  - ISO 7598/ISO 49 - Stahlrohr mit Gewinde und Stahl-Fittings
  - JIS (Japan Industrial Standard) ...
- "Rohrleitung mit Biegungen"
  - ASTM B 88-ASME B16.22 - Gelötetes Kupferrohr
- "Flexibler Schlauch"
  - Hydraulikschlauch - ...

Das Wählen eines "Rohr- oder Leitungsstiles" kann entweder mittels der Dialogbox *Rohr- und Leitungsstile* oder über die Listen in der *Multifunktionsleiste* durchgeführt werden. Bei beiden Arten muss folgendes beachtet werden:

- falls die "Hauptbaugruppe für Rohre und Leitungen" oder eine "Verlaufsbaugruppe" aktiv ist
  - dann stehen alle Typen von Stilen (der aktuellen "Hauptbaugruppe") zur Auswahl zur Verfügung
  - wenn ein anderer Stil gewählt wird, gilt dieser für alle Rohre und Leitungen, die nachfolgend erstellt werden
    - bestehende Rohre und Leitungen werden nicht geändert
- falls eine "Route" aktiv ist
  - dann sind entweder "die Stile für Rohrleitungen mit Fittings und mit Biegungen" oder die "Stile für Schläuche" verfügbar, aber nicht beide
    - falls eine "Route" in einem anderen "Haupttyp" benötigt wird, muss sie gelöscht und neu erstellt werden
    - wenn ein anderer Stil gewählt wird, wird dieser Stil (nur) auf die aktuelle "Route" angewendet
    - eine "Route" vom Typ "Flexibler Schlauch" kann in eine zusätzliche Baugruppe "eingeschlossen" werden (diese Option ist für alle Stile vom Typ "Flexibler Schlauch" eingeschaltet, die nach der Inventor Installation vorhanden sind)
      - zum Bearbeiten einer solchen "Route" muss die "Route" selbst und nicht die zusätzliche Baugruppe aktiviert werden.

